

# Etude préliminaire des interactions possibles entre le projet de parc éolien du Banc de Guérande et les mammifères marins

---

Document de Synthèse  
Mars 2013



## Sommaire

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>2</b>
<b>A. LES IMPACTS POTENTIELS DE L'IMPLANTATION D'EOLIENNES OFFSHORE : APPROCHE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>3</b>
I. LA SENSIBILITE ACOUSTIQUE DES MAMMIFERES MARINS	3
II. EFFETS POTENTIELS LORS DE LA PHASE DE CONSTRUCTION	4
III. EFFETS POTENTIELS LORS DE LA PHASE OPERATIONNELLE	6
III. 1. LES IMPACTS SONORES	6
III. 2. AUTRES EFFETS	7
IV. CONSEILS	7
CONCLUSION	8
<b>B. ETAT INITIAL DES MAMMIFERES MARINS AUX ENVIRONS DU BANC DE GUERANDE</b>	<b>10</b>
I. LES PRINCIPALES ESPECES DES COTES FRANÇAISES	10
II. LA ZONE D'ETUDE	10
III. LES ECHOUAGES DEPUIS 1971	10
III.1. LES ECHOUAGES DE CETACES	11
III. 2. LES ECHOUAGES DE PINNIPEDES	13
IV. LES OBSERVATIONS EN MER DEPUIS 1971	15
IV.1. LES OBSERVATIONS OPPORTUNISTES	15
IV. 2. LES OBSERVATIONS STANDARDISEES	16
V. BILAN DE LA FREQUENTATION DE LA ZONE	18
<b>C. PROPOSITIONS DE SUIVI POUR LA MISE EN PLACE DU FUTUR PARC EOLIEN AU LARGE DU BANC DE GUERANDE</b>	<b>19</b>
I. ETABLISSEMENT D'UN ETAT INITIAL	19
I.1. SUIVIS VISUELS	19
I.2. SUIVIS ACOUSTIQUES	19
II. PHASE DE CONSTRUCTION ET DE FONCTIONNEMENT	20
II.1. LES TECHNIQUES DE REDUCTION DES EMISSIONS SONORES	20
II.2. L'ELOIGNEMENT DES MAMMIFERES MARINS	20
II.3. LE SUIVI DES MAMMIFERES MARINS DE LA ZONE	21
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>23</b>

## INTRODUCTION GENERALE

---

Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, le gouvernement français vise l'installation d'une capacité de 5 à 6 000 mégawatts, à l'horizon 2020. L'explosion de ces nouvelles technologies est récente, et les impacts potentiels de ces activités sur le milieu marin sont encore mal connus. Les impacts de ces technologies sur l'environnement apparaissent bénins face à ceux des énergies fossiles ou nucléaires. Si à une échelle globale l'avantage des énergies renouvelables est évident, les impacts sur les écosystèmes locaux doivent tout de même être considérés.

Dans ce contexte Eolien Maritime France (EMF) prévoit la construction d'un parc éolien offshore au large de Saint Nazaire, dans le département de Loire-Atlantique. Ce projet nécessite un suivi des écosystèmes marins, car les environs du site constituent un habitat d'une importance écologique majeure par la diversité de ses habitats et la richesse de ses écosystèmes. Les mammifères marins constituent un élément important de cette biodiversité et de ces écosystèmes, du fait de leur rôle écologique, de leur faible capacité de résilience et de leur valeur patrimoniale, notamment reconnue en droit français et en droit communautaire.

La pré-étude suivante a été réalisée en janvier 2011, afin de déterminer les impacts potentiels d'un parc éolien offshore sur les mammifères marins, par une approche bibliographique et une analyse des données non publiées disponibles au Centre de Recherche sur les Mammifères Marins (CRMM) de l'Université de La Rochelle (devenu depuis l'UMS Pelagis). Il s'agissait alors de savoir quelles étaient les espèces et les populations de mammifères marins potentiellement exposées au futur parc éolien, grâce à l'analyse régionale des échouages et des observations en mer. Enfin, des propositions de suivi ont été émises pour réaliser un état des lieux mammalogique dans la zone et un suivi des populations présentes pendant la phase de construction et pendant la phase de fonctionnement.

Depuis 2011, des investigations complémentaires ont été lancées par EMF et sont toujours en cours :

- Observation des mammifères marins en mer par bateau (2 sorties par mois) par Bretagne Vivante ;
- Participation financière d'EDF-EN au programme PACOMM porté par l'Agence des Aires Marines Protégées (Programme d'Acquisition de Connaissances sur les Oiseaux et les Mammifères Marins en France métropolitaine) ;
- Etude spécifique sur l'acoustique sous-marine, croisée avec une analyse de l'UMS Pelagis ;
- Travail de synthèse des données existantes et analyse par l'UMS Pelagis.

Ces analyses complémentaires permettront de préciser les enjeux et d'apporter des éléments de réponses aux problématiques mises en avant par le travail réalisé en 2011.

## A. LES IMPACTS POTENTIELS DE L'IMPLANTATION D'ÉOLIENNES OFFSHORE : APPROCHE BIBLIOGRAPHIQUE

---

Le bruit ambiant est défini comme le bruit de fond qui inclut des sources identifiables ou non de bruit (IWC, 2005). Ce bruit de fond a des origines naturelles (vent, vagues, courants, bulles, précipitations, banquise, organismes marins...) et anthropiques (augmentation du trafic maritime, sonars militaires, prospections sismiques, répulsifs acoustiques, forages offshore, implantations de piliers, recherches acoustiques scientifiques...). Les sources anthropiques sont de plus en plus nombreuses et variées et augmentent le bruit de fond des océans. L'augmentation du bruit ambiant dans les océans, des sources de bruits anthropogènes et leurs impacts possibles sur les mammifères marins sont une préoccupation croissante. Cette augmentation a été estimée entre trois et cinq dB par décennie, soit un doublement de la puissance du bruit toutes les décennies depuis 60 ans (IWC, 2005 ; Hildebrand, 2005).

Les éoliennes peuvent également être ajoutées dans la liste des sources de bruits anthropogènes augmentant le bruit de fond des océans. L'impact qu'elles peuvent avoir sur les mammifères est assez peu documenté mais les quelques études réalisées sont de bons indicateurs à moyen terme des effets engendrés. La production sonore engendrée par un parc éolien varie selon les étapes de son existence : la construction, l'exploitation et le démantèlement.

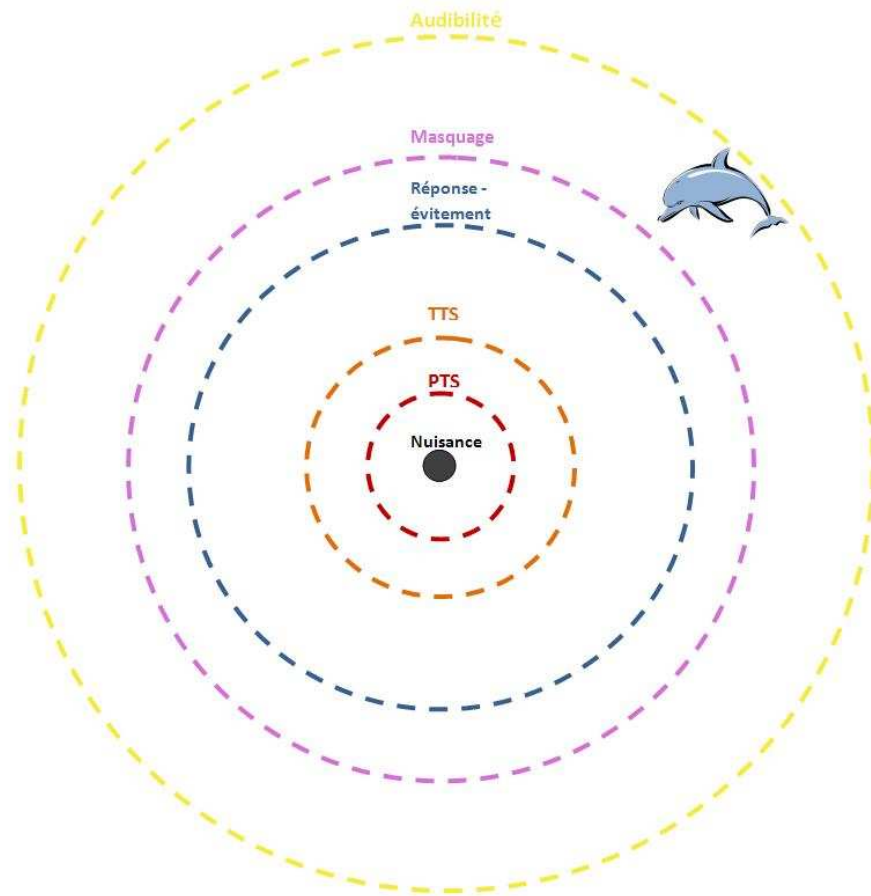
### I. La sensibilité acoustique des mammifères marins

L'environnement sensoriel des mammifères marins est essentiellement acoustique. L'ouïe constitue ainsi le sens le plus important pour ces animaux. Ce sens est utilisé principalement pour trois fonctions principales : l'apport d'informations sur leur environnement, la communication et la détection des proies (David, 2006). La pollution sonore et les effets des bruits anthropiques sur les mammifères marins constituent un enjeu de conservation important, afin d'en limiter les impacts et d'éviter les zones d'exclusion écologique.

Les réactions face aux émissions sonores sont de différents types et dépendent de l'espèce concernée, de l'intensité du bruit et de la durée d'émission. On distingue plusieurs niveaux de dérangement (figure 1, voir Richardson *et al.*, 1995 et Madsen *et al.*, 2006 pour synthèse).

- tolérance : pas de réaction lors de l'émission sonore ;
- changements de comportement ;
- réaction d'évitement ;
- masquage des signaux d'écholocation ou de communication ;
- perte de l'audition temporaire (TTS) ou permanente (PTS)
- lésions irréversibles pouvant entraîner la mort de l'animal.

Il est important de savoir quels sont les types de réaction engendrée par l'implantation d'éoliennes offshore sur les mammifères marins. En effet, les exemples de changement de comportements incluent l'abandon d'une activité importante (nourrissage, reproduction ou élevage des jeunes) ou d'un site d'importance écologique en réaction au bruit émis. L'abandon répété ou prolongé d'activités vitales pourrait mener à des conséquences dommageables pour l'animal affecté (Nowacek *et al.*, 2007).



**Figure 1 : Zones d'influence des émissions sonores sur les mammifères marins (d'après Richardson *et al.*, 1995).**

*PTS* : Permanent Threshold Shift (*perte auditive permanente*)

*TTS*: *Temporary threshold shift (déplacement temporaire du seuil auditif).*

## II. Effets potentiels lors de la phase de construction

Différents aspects de la construction semblent être des sources potentielles de dérangement. Il s'agit des explorations sismiques réalisées avant le début des travaux, du bruit généré lors de la mise en place des piliers des éoliennes, du dragage lors de la création de tranchées pour le positionnement des câbles, de l'augmentation du trafic maritime durant l'exploration et la construction ainsi que la turbidité importante générée (figure 2)(Dolman *et al.*, 2003 ; Ferrer Costa, 2005 ; Gill, 2005 ; Teilmann *et al.*, 2006 ; Ranz-Guerra, 2008).

Il semble que la mise en place des fondations constitue la phase la plus bruyante de la construction (Madsen *et al.*, 2006). Il existe différents types de fondations et différentes techniques d'installation, présentant chacune des avantages et des inconvénients qu'il convient d'évaluer en fonction des caractéristiques et des enjeux du site.

Pour le marsouin commun par exemple, ces activités sont probablement audibles à plus de 80 km de la source d'émission. Elles peuvent créer un masque d'audition entre 30 et 40 km de la source et induire des réactions de fuite à 20 km. Des lésions et pertes d'audition sont attendues dans un périmètre d'un kilomètre (Thomsen *et al.*, 2006). Des modélisations ont par ailleurs indiqué que des pertes d'auditions temporaires sont prévisibles à 400 m de la source d'émission sonore pour les pinnipèdes, et à 2 km pour le marsouin (Madsen *et al.*, 2006).

L'audition des grands dauphins (*Tursiops truncatus*) serait très proche de celles des marsouins communs. Il est donc probable que ces animaux perçoivent les bruits de la construction des éoliennes aux mêmes distances que les marsouins (David, 2006). Basée sur les basses fréquences, l'audition des baleines permettrait la détection des émissions liées à la construction à des distances plus importantes.

Les émissions sonores générées par la phase de constructions sont estimées entre 201 et 205 dB re 1  $\mu$ Pa en moyenne, et de 175 à 178 dB re 1  $\mu$ Pa à une distance de 500m (Nehls *et al.*, 2007).

En Europe, il n'existe pas de critères concernant le seuil d'exposition acceptable au bruit pour les mammifères marins. Aux Etats-Unis, la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) utilise le seuil de perte temporaire de l'audition comme critère déterminant. Ce seuil est fixé à 180 dB re 1 $\mu$ Pa pour les cétacés et 190 dB re 1 $\mu$ Pa pour les pinnipèdes. La COWRIE (Collaborative Offshore Wind Research Into the Environment) estime quant à elle que des impacts sont déjà possibles pour ces valeurs, et conseille un seuil de 140 dB re 1 $\mu$ Pa (Nehls *et al.*, 2007).

L'impact en milieu naturel du montage de parcs éoliens offshore reste très difficile à évaluer. Néanmoins, quelques suivis de populations ont été menés pendant ces opérations. Au Danemark notamment, les populations de marsouins communs ont été étudiées pendant la construction et le fonctionnement de deux parcs éoliens (Tougaard & Teilmann, 2005 ; Teilmann *et al.*, 2006a ; Blew *et al.*, 2006, Carstensen *et al.*, 2006).

Quels que soient les sites considérés, la fréquentation de la zone par les animaux durant la phase de construction diminue, sur le site même et dans les stations de contrôle. Des comportements de fuite (Tougaard & Teilmann., 2005) et un éloignement des animaux jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres de la zone d'implantation ont été observés (Henriksen *et al.*, 2004 ; Brandt *et al.*, 2009).

L'impact de ces constructions d'éoliennes a également été étudié *in situ* sur les phoques gris et les phoques veaux-marins, notamment au Danemark. Des dérangements importants peuvent être observés lors de la phase d'implantation des piliers, avec une diminution de la fréquentation des reposoirs par les animaux (Clermont Edren *et al.*, 2004). Dans les zones où le trafic maritime était important avant l'implantation des éoliennes, la fréquentation de la zone par ces animaux est moins impactée (Tougaard *et al.*, 2006).

En résumé, la phase de construction d'un parc éolien crée des dérangements de différentes ampleurs. Les impacts les plus importants apparaissent lors de la mise en place des fondations des éoliennes. De nombreux paramètres entrent en jeu, notamment les caractéristiques du site (propagation du son, profondeur, topographie...) et les techniques utilisées. Il est donc difficile de dégager une réaction générale des mammifères marins aux éoliennes, d'autant que même au sein d'une espèce, les réactions peuvent différer en fonction du sexe, de l'âge, de l'activité et de la période de l'année.

### III. Effets potentiels lors de la phase opérationnelle

La phase opérationnelle d'un parc éolien peut avoir différents impacts sur les mammifères marins (Environmental Impact Assessment, 2000 ; Dolman *et al.*, 2003):

- réactions à la structure physique ;
- bruits et vibrations ambiantes liés au fonctionnement ;
- réactions aux bateaux et engins associés à la structure ;
- impact électromagnétique ;
- perte d'habitat. (figure 2)

#### III. 1. Les impacts sonores

La rotation des turbines crée des sons dans un spectre d'émission situé dans les basses fréquences (Dolman *et al.*, 2003). Cette rotation entraîne une vibration du pilier de l'éolienne dont les ondes se propagent dans l'eau à de grandes distances (Vella *et al.*, 2001). Ces vibrations se propagent également dans l'air, mais avec une intensité et une portée plus faibles. Plus l'intensité du vent augmente, plus le bruit émis par l'éolienne est fort (Koschinski *et al.*, 2003). L'effet des éoliennes en fonctionnement dépend du type de turbine et de pilier, du montage réalisé et de la nature du substrat (Dolman *et al.*, 2003).

Les études menées au Danemark sur l'impact des parcs éoliens sur les marsouins indiquent qu'après la phase de construction, les animaux retrouvent la fréquentation habituelle du site (Teilmann *et al.*, 2006a). La vitesse de recolonisation peut différer d'un site à l'autre, selon la nature des techniques de construction utilisées. D'une manière générale, la recolonisation du site est quasiment complète après deux ans (Teilmann *et al.*, 2006b).

Il est probable que l'utilisation du site avant l'implantation d'éoliennes joue un rôle important dans la vitesse de recolonisation. En effet, l'intérêt du site pour l'écologie des animaux motive plus ou moins leur retour.

Il est difficile de déterminer si le retour des animaux dans la zone est dû à une habitude au bruit ou à une diminution permanente du seuil de l'audition. L'emplacement d'éoliennes se fait à proximité de la côte, habitat qui justement tend à être la zone de nourrissage de certaines espèces de mammifères marins (Evans, 2008). L'absence de réactions d'évitement peut en outre être expliquée par une motivation élevée de rester dans un habitat privilégié pour l'alimentation (Diederichs *et al.*, 2008).

Le bruit émanant d'éoliennes en phase opérationnelle pourrait également avoir un effet de masque sur la perception de signaux importants par les marsouins communs et sur leur communication (Evans, 2008). Si les nuisances sonores générées par la phase de fonctionnement sont nettement moins puissantes que celles produites lors de la construction, elles ne sont pas pour autant négligeables, car elles sont permanentes.

Concernant les pinnipèdes, Des suivis télémétriques ont montré que les phoques veaux-marins et gris continuent de fréquenter la zone et les alentours du parc éolien pendant la phase de fonctionnement (Tougaard *et al.*, 2006 ; Dietz *et al.*, 2001) même s'ils l'ont déserté pendant la construction.

Le fonctionnement des parcs éoliens ne semble pas engendrer de dérangement majeur sur les marsouins communs ou les phoques en mer du Nord. Il semble toutefois que l'impact soit plus notable sur les marsouins que sur les phoques (Teilmann *et al.*, 2006b). Mais les effets cumulés de la rotation des éoliennes, du trafic maritime existant et de celui qui sera induit par les activités de maintenance nécessitent d'être étudiés sur le long terme.

### III. 2. Autres effets

#### *III.2.1. Effets à moyen et long terme*

Les travaux de construction, en particulier la mise en place des fondations, engendrerait un impact à court terme, mais sur une zone étendue, tandis que la phase opérationnelle aurait un impact local, mais à long terme (Diederichs *et al.*, 2008).

Les études citées précédemment présentent la diversité des outils utilisés pour estimer l'impact des parcs éoliens sur les populations de mammifères marins (voir Evans, 2008 pour synthèse). Néanmoins, la durée maximale n'excède pas trois années après la construction des éoliennes (Teilmann *et al.*, 2006). Les effets à moyen terme ont donc été testés mais les impacts à long terme à l'échelle d'une ou plusieurs générations ne sont pas estimés.

#### *III.2.2. Impact électromagnétique et effet récif*

Les câbles électriques sous-marins servant à transférer l'énergie produite vers le continent peuvent générer un champ électromagnétique similaire au champ électromagnétique terrestre (Inger *et al.*, 2009), ce qui pourrait avoir un impact sur les mammifères marins. Cependant, peu d'éléments existent actuellement sur cette question. Des études spécifiques devraient donc être lancées par EMF prochainement.

Il en est de même pour l'effet « récif » que pourrait engendrer l'implantation de nouvelles structures solides que sont les piliers d'éoliennes dans le milieu (Thomsen *et al.*, 2006).

L'impact de ces structures est fortement dépendant des caractéristiques du site. Cette problématique fera donc également l'objet d'une étude dédiée par EMF.

## **IV. Conseils**

Les grands groupes de travail réunis sur la thématique des bruits anthropogènes s'accordent sur certaines grandes recommandations, généralement applicables à toutes les sources de bruits non naturelles (IWC, 2005) ou plus particulièrement aux éoliennes (OSPAR commission Denmark and Germany, 2007).

- identifier et surveiller les habitats critiques pour les cétacés ;
- réaliser un suivi acoustique de ces habitats sur des échelles spatio-temporelles cohérentes avant et après des activités produisant des nuisances sonores ;
- utiliser la télémétrie, les suivis vidéo et/ou l'acoustique passive pour étudier la fréquentation du site par ces animaux avant, pendant et après les phases bruyantes ;
- réaliser des suivis en mer pour étudier le comportement des animaux ;
- réaliser un suivi des échouages durant ces périodes d'activité ;
- lors de constructions d'éoliennes, utiliser les outils et les techniques les moins bruyantes ;



## **Conclusion**

Les impacts de l'implantation d'éoliennes offshore restent assez mal connus. Les études acoustiques basées sur les spectres d'audition des cétacés restent très théoriques, mais sont néanmoins en accord avec les observations de terrain et les suivis par acoustique passive. Pour ce dernier type d'études, il est difficile de distinguer les effets répulsifs entre eux (vibrations, sons, trafic maritime...). L'impact de ces structures sur les animaux dépend de nombreux paramètres, comme l'espèce concernée, le site, l'utilisation que les animaux font du site et l'installation en elle-même. Il n'existe donc pas de réponse-type à l'implantation d'éoliennes offshore.

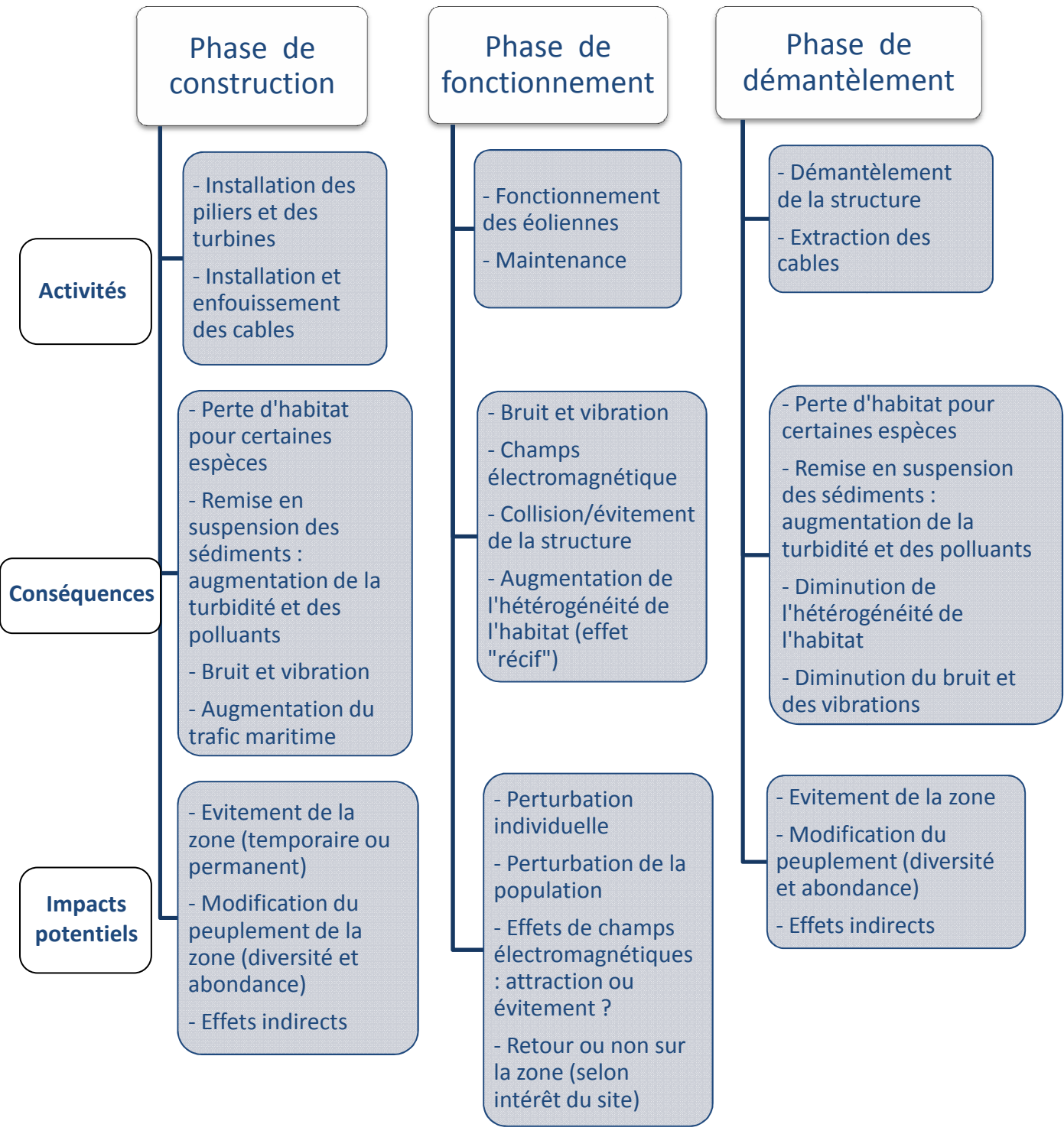


Figure 2 : Effets induits lors des différentes phases d'existence d'un parc éolien et impacts potentiels sur les mammifères marins (adapté d'après Gill, 2005 et Dolman & Simmonds, 2010).

## B. ETAT INITIAL DES MAMMIFERES MARINS AUX ENVIRONS DU BANC DE GUERANDE

---

### I. Les principales espèces des côtes françaises

Parmi les cétacés à dents, ou odontocètes, se trouvent les dauphins, les cachalots ou encore les marsouins. Ce sous-ordre est le plus diversifié et le plus abondant. Quatre espèces d'odontocètes, dont trois espèces de delphinidés et une espèce de marsouin sont régulièrement observées le long des côtes françaises et plus particulièrement en Atlantique. Il s'agit du dauphin commun (*Delphinus delphis*), du grand dauphin (*Tursiops truncatus*), du globicéphale noir (*Globicephala melas*) et du marsouin commun (*Phocoena phocoena*).

Les cétacés à fanons ou mysticètes, regroupent les plus gros mammifères vivants, avec plusieurs espèces de rorquals, dont le petit rorqual, qui est régulièrement observé dans la zone d'étude. Les pinnipèdes regroupent les phoques, les otaries et les morses. Une espèce de phoque est présente de manière régulière le long des côtes de Loire Atlantique, le phoque gris.

Toutes les espèces de mammifères marins sont protégées en France et en Europe par diverses directives et accord internationaux. Le grand dauphin, le marsouin commun et le phoque gris sont notamment listés à l'annexe II de la Directive Habitats, Faune, Flore, permettant la définition de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) sur la base de la fréquentation régulière d'un secteur par ces espèces.

### II. La zone d'étude

L'étude des échouages et des observations autour du Banc de Guérande concerne les données recensées dans un rayon de 100 kilomètres autour de la future zone d'implantation d'éoliennes, cumulées de 1971 à 2009. Le terme « zone d'étude » tel qu'utilisé dans ce rapport concerne donc le secteur d'un rayon de 100 km autour du futur parc éolien, soit environ 31 000 km<sup>2</sup>.

L'approche bibliographique réalisée sur les impacts d'un parc éolien offshore a déterminé des réponses différentes des marsouins communs selon la distance à la source de bruit. Ainsi, à l'instar de l'étude de Bailey *et al.*, (2010), des zones d'un rayon de 20, 40, 80 et 100 km ont été définies afin de déterminer les populations potentiellement exposées aux différents effets.

### III. Les échouages depuis 1971

Le Réseau National d'Echouage (RNE) français a été créé en 1971. Plus de 200 volontaires interviennent sur 300 à 1000 échouages par an. Le RNE est composé d'un coordinateur national, le CRMM, quatre coordinateurs régionaux et des correspondants locaux pour chaque département du littoral.

Ainsi, le RNE recense les échouages du littoral français depuis près de 40 ans, ce qui constitue la plus longue série temporelle continue en Europe et assure une stabilité dans la collecte de ces données.

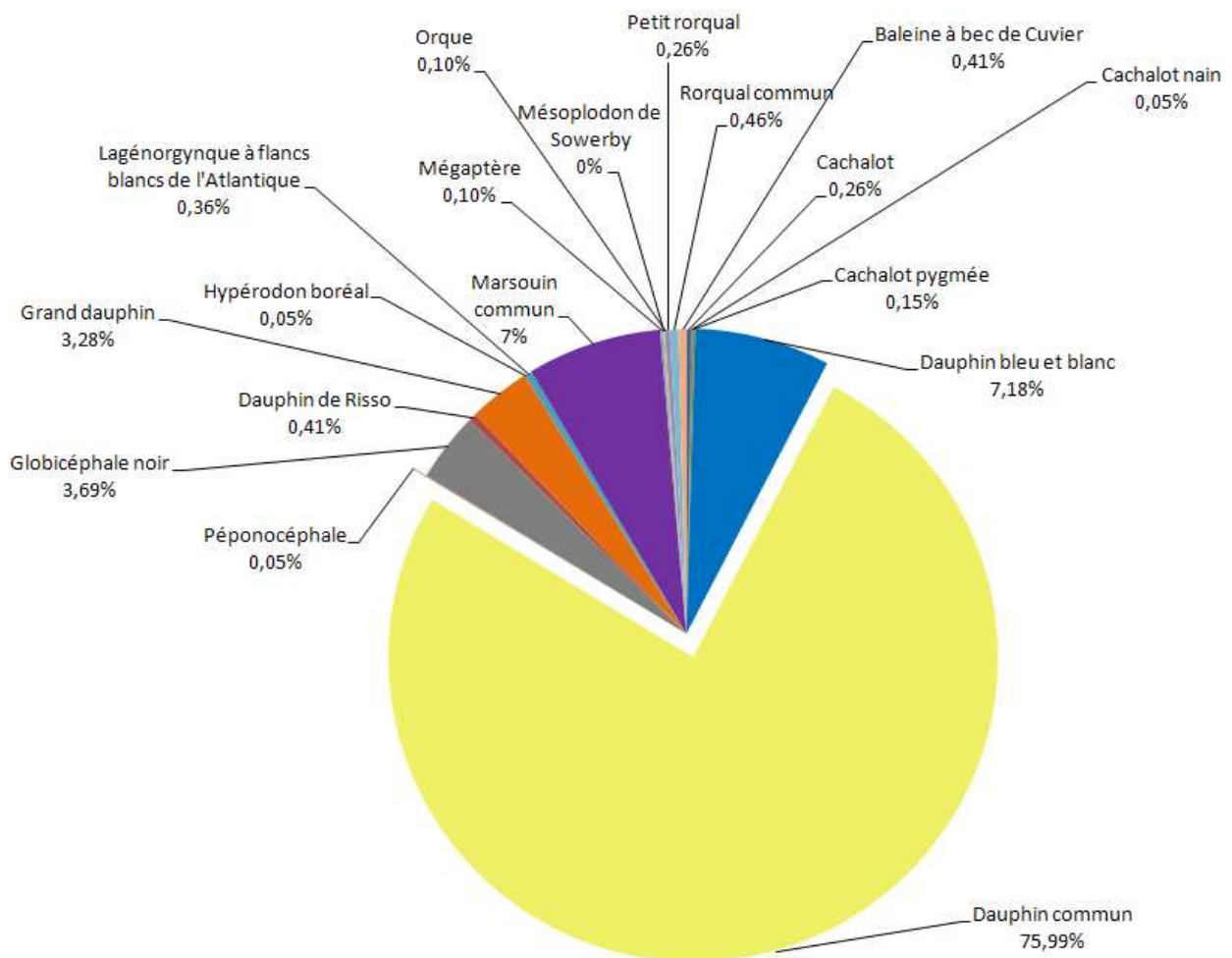
En moyenne, une quinzaine d'espèces de mammifères marins s'échoue chaque année sur l'ensemble du littoral français (Van Canneyt *et al.*, 1998 à 2007). La plupart de ces espèces sont fréquemment observées échouées sur nos côtes, alors que d'autres sont plus irrégulières, voire rares.

### III.1. Les échouages de cétacés

#### *III.1.1. Composition spécifique*

Au total, 2879 échouages ont été observés dans la zone d'étude entre 1971 et 2009, dont 2735 échouages de cétacés. 6 familles de cétacés ont été identifiées. L'essentiel des échouages est composé de delphinidés (plus de 90 %).

Les dauphins communs sont abondamment présents en échouage, avec plus de 75 % des cétacés (Figure 3). Les marsouins communs et les dauphins bleu-et-blanc représentent chacun 7 % des échouages. Les globicéphales noirs et les grands dauphins sont également observés dans la zone d'étude, avec plus de 3 % chacun. Quelques échouages de petits rorquals et rorquals communs sont également répertoriés.



**Figure 3 : Part des échouages de cétacés cumulés de 1971 à 2009 dans la zone étudiée.**

Au total, 18 espèces de cétacés ont été observées en échouage dans un rayon de 100 km autour du futur parc éolien. Cette richesse spécifique est relativement importante. Il convient toutefois d'être prudent, le fait de retrouver les animaux échoués ne signifie pas forcément que les cétacés étaient présents dans la zone de leur vivant. En effet, sous l'influence de la dérive, les cadavres de cétacés peuvent parcourir de grandes distances

(Peltier, 2007). Ainsi, les échouages à la côte ne présument pas de l'abondance absolue de cétacés dans une zone mais sont des indicateurs d'abondance relative et de distribution de cétacés, dans le cas où les animaux arrivent vivants ou frais à la côte, présument d'une mort récente, d'un temps de dérive court et donc d'une zone de mortalité proche de la zone d'échouage.

Le suivi des échouages a donc permis de déterminer la richesse spécifique de la zone, avec la présence d'espèces ayant fréquenté la zone, ou ses alentours plus ou moins proches.

### *III. 1. 2. Suivi annuel des échouages de cétacés*

La plupart des échouages surviennent durant la période hivernale, de janvier à avril. Pendant le reste de l'année, les échouages sont assez stables de mai à novembre. Ainsi, les échouages cumulés sur toute la période d'étude sont de moins d'une centaine d'échouages par mois, mais passent à près de 800 échouages en février. Le plus grand nombre d'échouages observés en hiver peut être dû à différents facteurs, comme une plus grande mortalité des populations en hiver, une fréquentation plus importante des zones côtières durant cette période, ou encore des régimes de vents d'ouest importants, favorisant l'arrivée des cadavres à la côte (Peltier, 2007). Aucun de ces facteurs ne semble suffisant à lui seul pour expliquer cette distribution des échouages, la réponse se situe probablement en une combinaison de ces facteurs.

La saisonnalité des échouages est essentiellement due au profil saisonnier des échouages de dauphins communs. Ces tendances sont moins marquées pour les autres petits cétacés. Les maxima atteints pour le dauphin commun se situent de janvier à avril. Les effectifs de marsouins communs sont les plus importants entre janvier et mai, avec un maximum en avril. Les globicéphales noirs et les dauphins bleu-et-blanc sont observés durant toute l'année en échouages. Les grands dauphins sont peu nombreux, mais néanmoins présents de façon régulière.

### *III. 1. 3. Distribution spatiale des échouages de cétacés*

La localisation des échouages, dans un rayon de 100 km autour du futur parc éolien ne permet pas de déterminer si les animaux ont fréquenté la zone lorsqu'ils étaient vivants. Néanmoins, le suivi des échouages depuis 1971 permet de déceler des zones de plus ou moins forte densité d'échouages selon les espèces considérées (figure 4). Il apparaît que la côte vendéenne, et les îles exposées (Yeu, Noirmoutier...) ainsi que la presqu'île de Quiberon sont des zones de densité d'échouage comparativement plus importante, pour la plupart des espèces concernées.

Les échouages de dauphins communs et de dauphins bleu-et-blanc sont très importants. Les marsouins communs, les globicéphales et les grands dauphins sont également abondamment présents en échouage autour de la zone d'étude. Les échouages de mysticètes et de grands plongeurs (physétéridés) sont non négligeables, et apparaissent sur la zone en effectifs relativement notables.

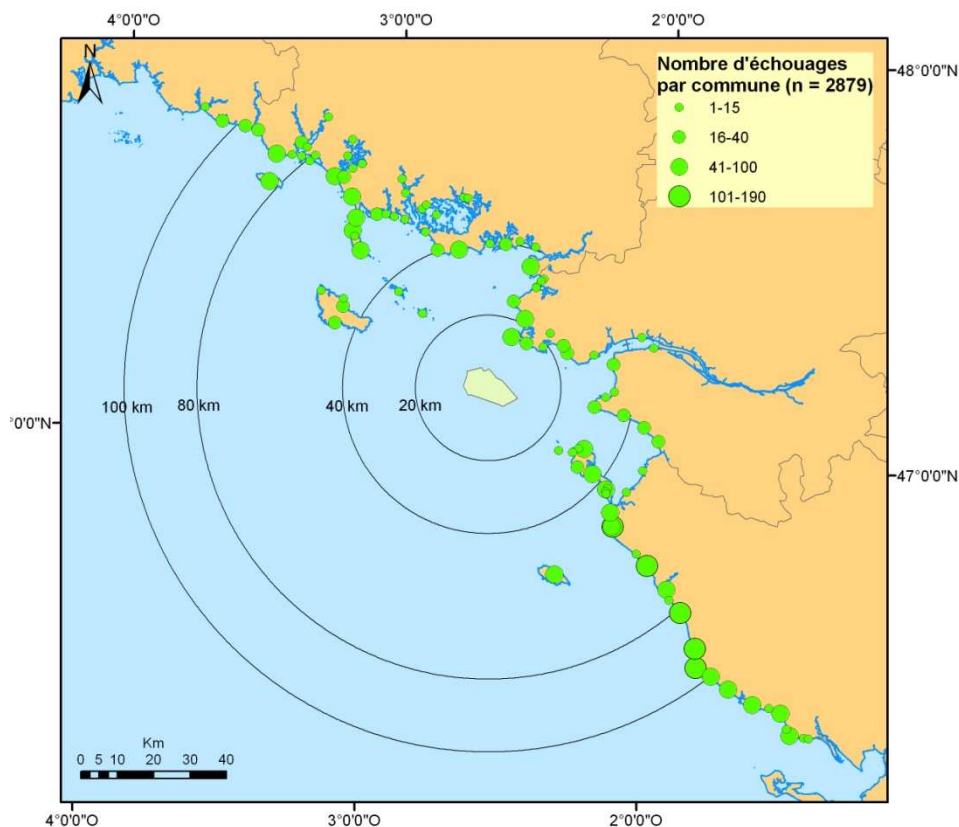


Figure 4 : Distribution spatiale des échouages de cétacés cumulés de 1971 à 2009 dans la zone étudiée.

### III. 2. Les échouages de pinnipèdes

#### III. 2. 1. Composition spécifique

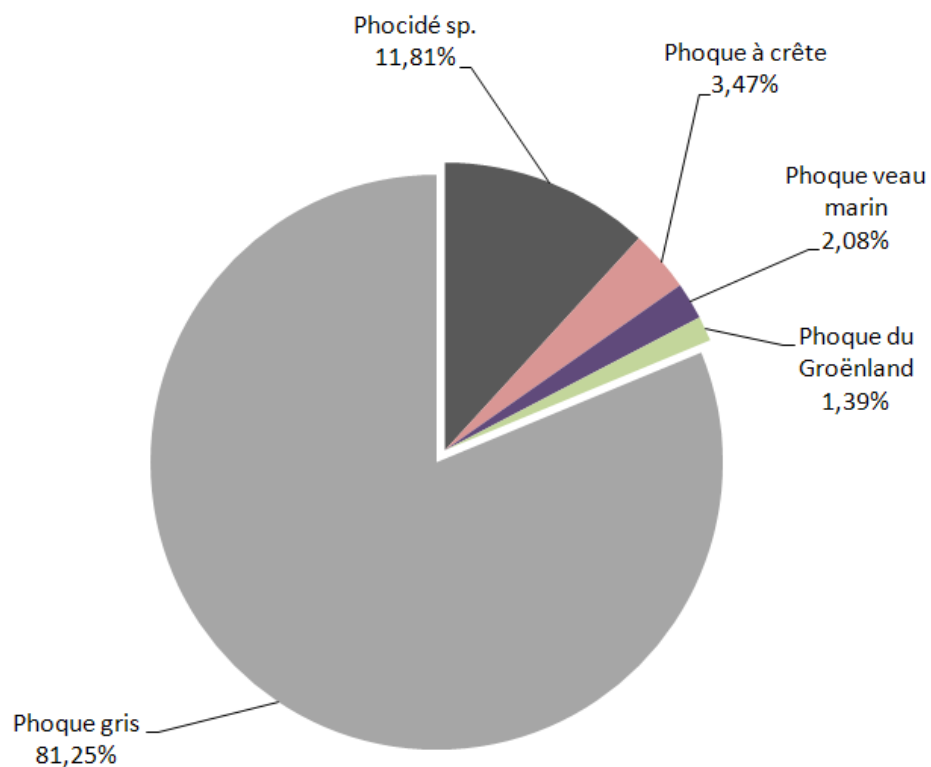


Figure 5 : Part des espèces de phoques retrouvées en échouages de 1971 à 2009 dans la zone d'étude.

Les échouages de phoques dans la zone d'étude sont fréquents puisque 144 individus ont été répertoriés depuis 1971. Ces animaux appartenait à 5 espèces de phoques (figure 5). Le phoque gris est le plus représenté en échouage avec 117 individus, soit plus de 80 % des phoques retrouvés échoués. 2 % des échouages concernent le phoque veau-marin. 2 espèces de phoques polaires ont été retrouvées en échouage, soit 5 phoques à crête (*Cystophora cristata*) et 2 phoques du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*). Enfin, plus de 11 % des phoques n'ont pas pu être identifiés.

### III. 2. 2. Suivi annuel des échouages de pinnipèdes

Les échouages de phoques sont observés tout au long de l'année mais en effectifs variables. Les échouages sont globalement observés durant les mois de décembre, janvier et février. Ce profil est en grande partie lié aux échouages de phoques gris. En effet, ces animaux se reproduisent durant la période hivernale et le pic de naissances survient en France à la fin du mois de novembre (Vincent, 2001). Les échouages concernent donc principalement des jeunes individus sevrés ou non, retrouvés en hiver, pendant la phase la plus vulnérable de leur vie. Le Banc de Guérande est située à près de 300 km de la colonie de phoques gris la plus proche, c'est-à-dire celle de l'archipel de Molène. De jeunes individus erratiques sont souvent observés loin de leurs colonies d'origine.

Les échouages de phoques recensés en été dans cette zone sont principalement associés aux phoques polaires. Ces animaux sont très souvent des immatures. Cette saison est la période de dispersion des jeunes de l'année pour ces espèces, ce qui explique les échouages. Ces phénomènes deviennent réguliers puisque 13 échouages de phoques polaires ont été observés depuis 1992, alors que seulement deux avaient été confirmés dans les années 1970 et 1980.

### III. 2. 3. Distribution spatiale des échouages de pinnipèdes

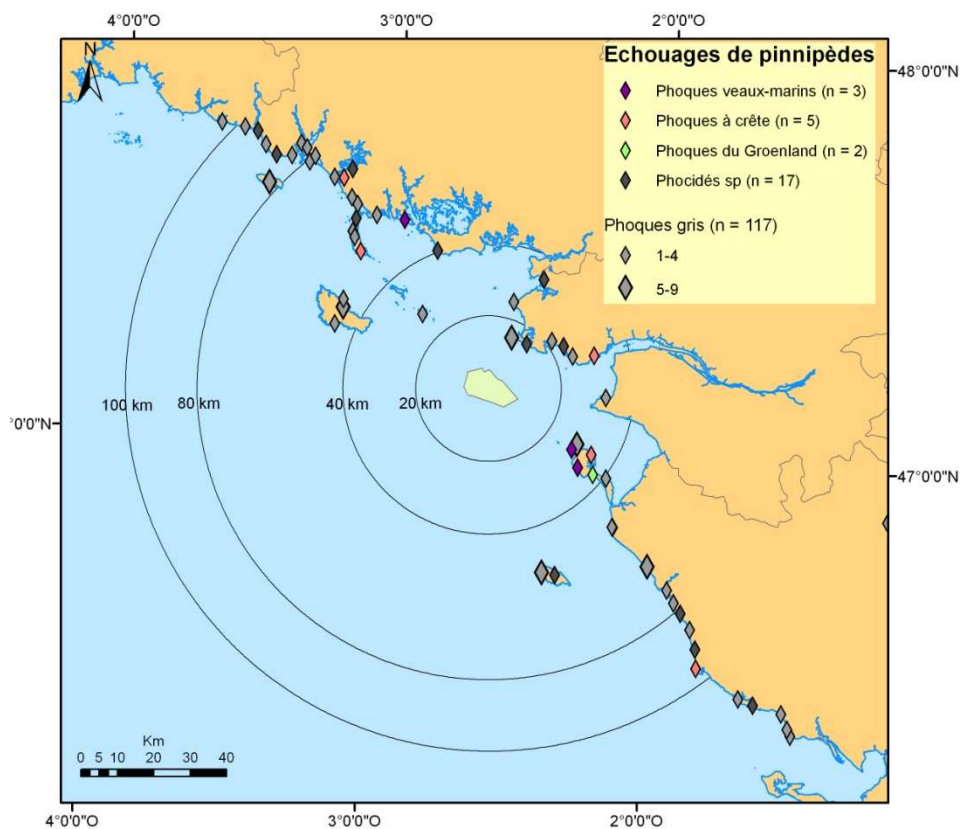


Figure 6 : Distribution spatiale des échouages de pinnipèdes cumulés de 1971 à 2009 dans la zone étudiée.

Les échouages de pinnipèdes sont représentatifs de la distribution des animaux. En effet, les phoques sont partiellement inféodés au milieu littoral. Il semble donc que le site d'échouage soit très proche du site de mortalité. Des échouages sont recensés en effectifs non négligeables dans toute la zone étudiée (figure 6). Les plus fortes densités d'échouages surviennent dans un rayon supérieur à 40 km du futur parc éolien.

#### **IV. Les observations en mer depuis 1971**

Deux types d'observations ont été recensés dans cette zone. Il s'agit des observations occasionnelles (ou opportunistes), réalisées par des plaisanciers ou lors de sorties en mer non dédiées à l'observation des cétacés, et des observations avec effort, réalisées lors de campagnes dédiées au recensement de cétacés (dites données « standardisées »). Lors de ces dernières, l'effort d'observation est quantifié. Il s'agit du temps ou de la distance parcourue pendant laquelle des observateurs qualifiés ont recherché des cétacés.

##### IV.1. Les observations opportunistes

###### *IV. 1. 1. Composition spécifique*

506 observations ont été réalisées par des plaisanciers ou des observateurs opportunistes. Ce sont 11 espèces de mammifères marins qui ont été observées dans cette zone depuis 1971. Les dauphins communs sont les plus souvent observés, puisqu'ils représentent plus de 43 % des observations occasionnelles. Puis les globicéphales noirs et les grands dauphins sont fréquemment rencontrés par les plaisanciers, puisqu'ils constituent respectivement 23,96 % et 8,91 % des observations enregistrées. Un peu plus de 2 % des observations concernent les marsouins communs. Enfin, 4 % des observations correspondent à des pinnipèdes.

###### *IV. 1. 2. Variations saisonnières*

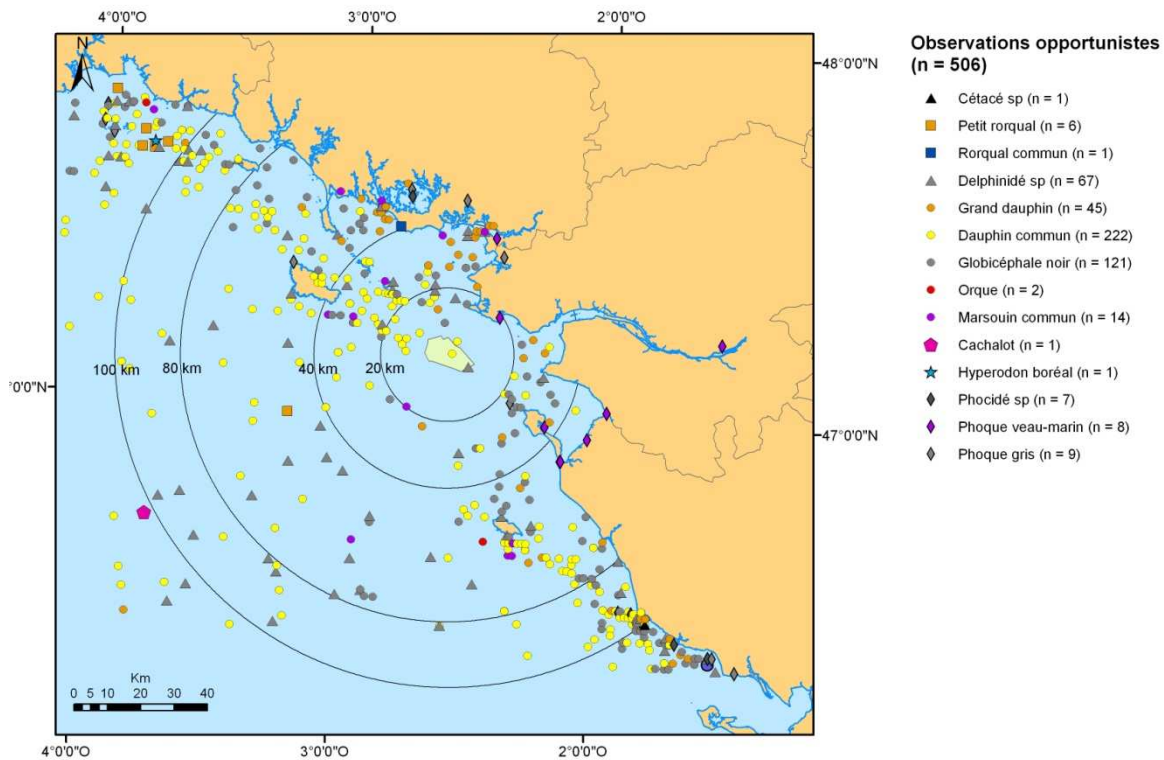
Plus de la moitié des observations opportunistes de cétacés ont eu lieu entre juillet et août. Ceci est dû à des augmentations de la fréquentation du site par les plaisanciers durant l'été. Ainsi, l'augmentation des observations de cétacés en été n'est pas nécessairement liée à une augmentation de la fréquentation des animaux dans la zone, mais à une augmentation du temps passé en mer par des observateurs potentiels.

###### *IV. 1. 3. Distribution spatiale*

La distribution des observations opportunistes est, tout comme les variations saisonnières des observations, représentative de la fréquentation de la zone par les plaisanciers, plus que de la fréquentation des cétacés. En effet, la plupart des observations ont lieu à proximité de la côte et des îles (Figure 7).

Il semble que les grands dauphins et les globicéphales noirs soient observés très près des côtes, parfois à moins de 20 km du futur parc. Les dauphins communs sont également fréquemment observés près du futur parc, mais l'espèce est moins côtière que les grands dauphins. Des marsouins et quelques pinnipèdes ont été observés à moins de 40 km du futur parc, ainsi qu'un petit rorqual à moins de 80 km.





**Figure 7: Distribution spatiale des observations opportunistes de mammifères marins cumulées de 1971 à 2009.**

## IV. 2. Les observations standardisées

### *IV. 2. 1. Composition spécifique*

La composition spécifique des observations standardisées est assez différente de celle des observations opportunistes. Les espèces principalement observées sont les dauphins communs, les grands dauphins, et les globicéphales noirs. Ce sont les observations de dauphins communs qui sont les plus nombreuses avec 51 % des observations. Le grand dauphin représente 13 % des observations et le globicéphale 2 %. Quelques petits rorquals et marsouins communs ont également été recensés. Le reste des observations concerne des baleinoptéridés et delphinidés non identifiés.

### *IV. 2. 2. Variations saisonnières*

Les pics d'observations sont liés aux campagnes de recensement. Ainsi, les campagnes PELGAS organisées par IFREMER ont lieu depuis 2003 entre mai et juin. Ceci explique les nombreuses observations réalisées durant cette période. Durant le mois de juillet et août, des survols aériens ont été réalisés lors de la campagne ATLANCET et le programme de dénombrement européen SCANS-II. Des prospections ont également été effectuées durant le reste de l'année, mais en moindre quantité avec les campagnes PELACUS en bateau et les campagnes successives d'observations aériennes hivernales (programme ROMER).

### *IV. 2. 3. Distribution spatiale*

Même si l'effort d'observation est hétérogène, la quasi-totalité de la zone a été couverte. Les observations sont réparties sur la totalité de la zone, y compris dans un rayon de moins de 20 km du futur parc.

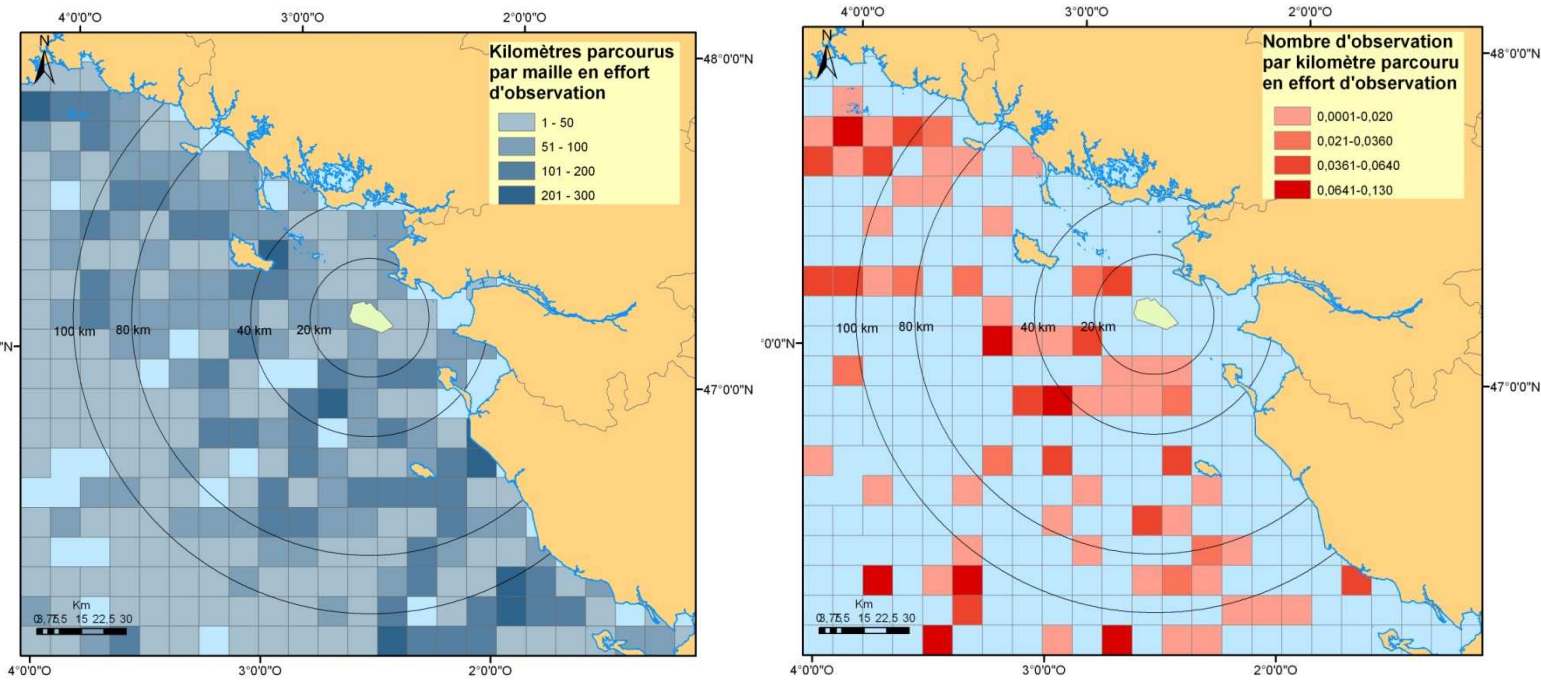


Figure 8 : Effort d'observation et taux de rencontre lors des campagnes menées de 2000 à 2009.

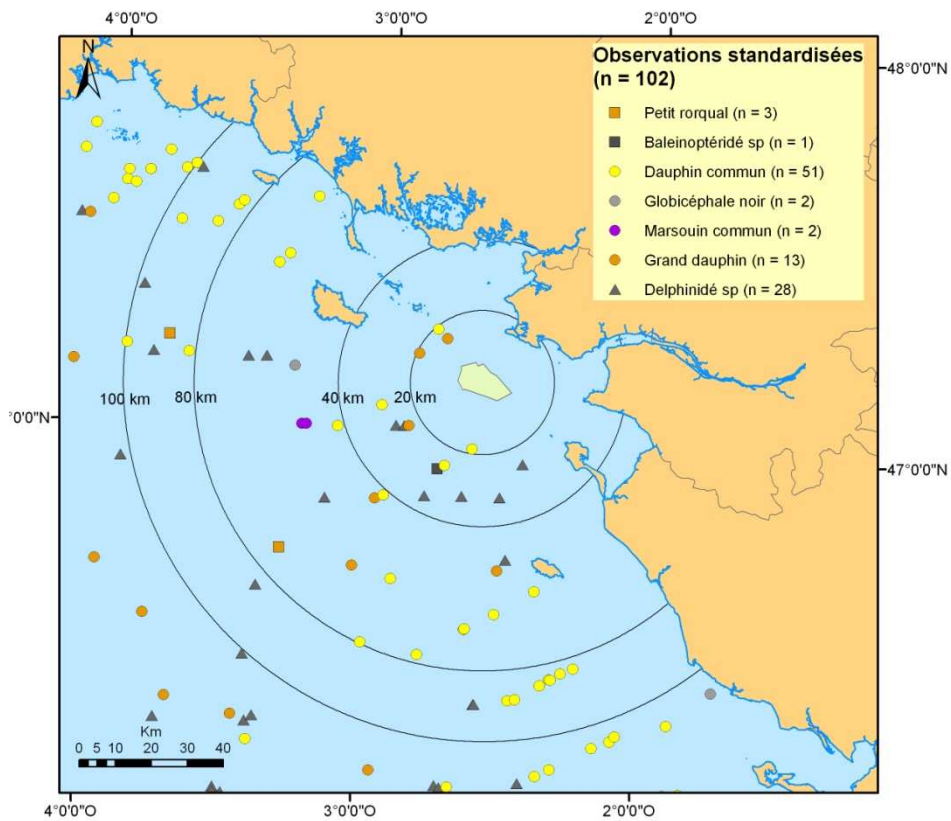


Figure 9 : Distribution spatiale et composition spécifique des observations en mer réalisées de 2000 à 2009 dans la zone étudiée.

L'analyse de la distribution spatiale des observations de cétacés indique que les dauphins communs et les grands dauphins sont observés dans l'ensemble de la zone d'étude (figure 9). Mais contrairement aux grands dauphins, les dauphins communs ne sont pas observés en milieu côtier. Quelques observations de globicéphales noirs sont à signaler. Deux observations ont été réalisées en ce qui concerne les marsouins communs et ceci à plus de 40 km du parc. Enfin, les petits rorquals ont été observés entre 60 et 90 km du futur site d'implantation d'éoliennes. Un baleinoptéridé non identifié a toutefois été observé à moins de 40 km du site d'implantation.

Les trois espèces les plus observées, à savoir les dauphins communs, les globicéphales noirs et les grands dauphins sont surtout recensées entre 20 et 100 km du futur parc éolien (figure 25). 96,4% des observations standardisées se sont déroulées à plus de 20 km des futures éoliennes.

## **V. Bilan de la fréquentation de la zone**

Les observations réalisées en mer sont assez nombreuses au regard de la période considérée. Ainsi, les dauphins communs et les grands dauphins sont observés près du site d'implantation prévu, et leur fréquentation de ce site est vraisemblablement régulière. Ils seront donc probablement exposés aux effets induits par la construction des éoliennes, comme la fuite à moins d'une vingtaine de km de la source, un masque d'audition entre 20 et 40 km et la simple détection à plus de 80 km de la zone. Les observations des autres espèces ne permettent pas de conclure de manière définitive sur leur exposition aux effets potentiels des éoliennes. Néanmoins, elles suggèrent que les rorquals, les marsouins communs et les globicéphales noirs fréquentent régulièrement ou occasionnellement la zone et que des précautions doivent être prises concernant ces espèces.

L'analyse des données d'échouages permet de recenser des espèces difficiles à observer en mer qui ont probablement fréquenté la zone et ses environs. Les échouages de dauphins communs, marsouins communs, grands dauphins ou encore globicéphales noirs sont de bons indicateurs de présence pour ces espèces, puisqu'ils sont confirmés par les observations réalisées en mer. Les échouages de dauphins bleu-et-blanc en effectifs non négligeables, peuvent indiquer la présence occasionnelle de cette espèce dans la zone alors qu'aucune observation n'a été recensée en mer.

Les observations de phoques échoués vivants ou morts sont le fait d'individus erratiques, le plus souvent très jeunes, et n'attestent pas de l'existence de groupe permanent dans la région. De ce fait les phoques et notamment les phoques gris, ne seront pas particulièrement exposés aux effets des éoliennes, en raison de leur fréquentation sporadique du site.

Ainsi, il semble que les espèces les plus exposées aux effets potentiels de l'implantation d'un parc éolien soient les dauphins communs, les grands dauphins et les globicéphales noirs. Ceci est dû à leur fréquentation des habitats côtiers et de l'intérêt de cette zone pour ces animaux, observés durant toute l'année. Aucun groupe de dauphins ne semble être résident dans la zone, contrairement à d'autres sites comme l'île de Sein ou l'archipel de Molène. Cette conclusion doit être confirmée par des suivis réalisés avant le début des travaux. Il existe très peu d'observations de dauphins bleu-et-blanc, de dauphins de Risso ou de

rorquals dans cette zone. Néanmoins, leur présence en échouage suggère qu'une attention particulière doit être accordée à ses espèces, potentiellement utilisatrices de la zone.

## C. PROPOSITIONS DE SUIVI POUR LA MISE EN PLACE DU FUTUR PARC EOLIEN AU LARGE DU BANC DE GUERANDE

---

Les propositions de suivi concernent l'établissement d'un état initial de la fréquentation de la zone étudiée par les mammifères marins et un suivi de ces populations pendant les phases de construction, de fonctionnement et de démantèlement.

### I. Etablissement d'un état initial

#### I.1. Suivis visuels

Les principales techniques consistent à réaliser des suivis en mer par bateau et/ou par avion de la zone. Ces suivis seraient effectués selon des transects linéaires, avec prise en compte de l'effort d'observation par des observateurs qualifiés. En ce sens, des survols aériens sont proposés dans un rayon de 100 km autour du site d'implantation prévu, ainsi que des suivis en bateau dans un rayon de 20 km autour du futur parc éolien. Afin d'optimiser la pression d'observation, ces campagnes peuvent être associées aux campagnes d'observation des oiseaux marins, dans le cadre de cette même étude d'impact.

Il est recommandé de réaliser les suivis en bateau tous les mois durant l'année avant le début des travaux, alors que les survols aériens, plus coûteux, seraient réalisés au minimum une fois par saison.

#### I.2. Suivis acoustiques

La détectabilité des animaux dépend de l'espèce considérée. Ainsi, les marsouins communs qui se déplacent en petits groupes en sortant très peu de l'eau sont difficilement repérables avec les moyens visuels. Il est donc proposé d'installer des détecteurs acoustiques dans la zone où seront implantées les éoliennes, puis à 20, 40, 80 et 100 km de cette zone afin de définir la présence des animaux en fonction des impacts acoustiques possibles, ainsi que dans une zone témoin. Ces outils seront placés durant toute la période couvrant l'établissement de l'état initial jusqu'à la phase de fonctionnement dans le but de déterminer les impacts potentiels de la construction des éoliennes.

Ce type de suivi, désigné sous le terme « B-A-C-I » (*Before, After, Control, Impact*) dans la littérature, permet d'avoir des données et des mesures *in situ* de l'impact des éoliennes sur les mammifères marins de la zone (Carstensen *et al.*, 2006 ; Thompson *et al.*, 2010).

Il existe de nombreuses méthodes pour suivre les populations de mammifères marins. Les techniques citées ci-dessus ne sont que les propositions. Les critères techniques et financiers permettront de déterminer lesquelles sont les plus adaptées, en accord avec les différents acteurs scientifiques.

De plus, étant donné la limitation des zones propices au développement de parcs offshore, et, de fait, la proximité des projets sur les côtes françaises, il semblerait opportun d'élargir

les échelles auxquelles les sites sont étudiés. En effet, les mammifères marins sont des espèces hautement mobiles, et il semblerait plus cohérent et surtout plus exhaustif d'étudier leur distribution sur l'ensemble d'une façade littorale. Une collaboration entre les différents maîtres d'ouvrages serait pour cela nécessaire, et mériterait d'être coordonnée par le gouvernement.

## **II. Phase de construction et de fonctionnement**

Deux aspects peuvent être pris en compte dans la minimisation des risques : d'une part, il est possible d'adapter les techniques de façon à créer le moins de nuisances possibles ; d'autre part, il peut être développé des protocoles de prévention vis-à-vis des mammifères marins par suivi visuel et acoustique.

Les mesures de prévention présentées concernent uniquement les phases du projet qui génèrent des sons de très forte intensité susceptibles de créer des dommages physiques aux mammifères marins présents.

En ce qui concerne les émissions sonores de plus faible intensité produites par les éoliennes en fonctionnement, aucune mesure d'accompagnement n'existe à l'heure actuelle pour réduire les impacts potentiels. Les solutions dans ce domaine sont probablement à développer en amont, lors du processus de développement par la recherche de matériaux et de technologies susceptibles de réduire les niveaux sonores produits par les éoliennes en fonctionnement.

### II.1. Les techniques de réduction des émissions sonores

La littérature cite différentes méthodes et notamment la création d'un rideau de bulles autour de l'éolienne (Würsig *et al.*, 2000 ; Gordon *et al.*, 2007). Cette technique consiste à créer un « mur » de bulles autour du pilier de l'éolienne à partir du substrat. Cette technique peut s'avérer efficace mais elle est difficile à mettre en œuvre dès que les conditions courantologiques sont un peu trop importantes.

D'autres techniques comme des modifications de la technique de martèlement, ou l'ajout d'un matériau « tampon » autour du pilier sont proposées. Désignées sous le terme de « barrière anti-bruit », ces méthodes consistent à mettre en place une « barrière » permanente remplie d'air ou de mousse autour du pilier pendant l'opération de battage (Nehls *et al.* 2007).

Ces dispositifs sont à étudier, mais pour l'instant leur efficacité, et surtout leur viabilité économique, restent à prouver (Dolman & Simmonds, 2010).

### II.2. L'éloignement des mammifères marins

La technique la plus utilisée est le « *soft-start* » qui consiste à augmenter progressivement les nuisances sonores, afin de signaler le début des travaux aux animaux et qu'ils puissent ainsi quitter la zone (JNCC, 2009).

Des répulsifs acoustiques (« *pingers* ») peuvent être recommandés pour éloigner les animaux de la zone (Nehls *et al.*, 2007), mais leurs effets sur les mammifères marins sont encore peu documentés (Carlström *et al.*, 2009) et méritent réflexion.

Lors de la phase de construction, il est recommandé de suivre les propositions du JNCC (*Joint Nature Conservation Committee*) qui suggère d'établir une zone d'exclusion d'un kilomètre autour de la zone de travaux en vérifiant qu'aucun mammifère marin ne s'y trouve et d'interrompre les travaux en cas d'incursion de mammifères marins dans la zone.

Il peut également être opportun de tenir compte des cycles biologiques des animaux dans le calendrier des travaux, et d'éviter de fortes nuisances sonores lors des phases où ils sont les plus vulnérables (période de reproduction notamment).

### II.3. Le suivi des mammifères marins de la zone

Lors de la phase de fonctionnement du site, il serait intéressant de continuer le monitoring visuel et acoustique, afin de suivre le retour des animaux sur le site. Il est primordial de vérifier si les animaux reviennent sur le site, et si leur utilisation de celui-ci diffère ou non de l'état initial.

Durant les phases de construction et de fonctionnement, une vigilance particulière envers les échouages devra être assurée, afin de détecter rapidement des anomalies de mortalités.

Un certain nombre de ces propositions figurent dans le guide du Ministère de l'Ecologie concernant les études d'impacts des parcs éoliens (2010). Il y est également indiqué que certaines mesures proposées ci-dessus ne sont nécessaires que si des espèces « sensibles » sont observées. Dans ce cas, une modélisation de la propagation du son et des mesures des nuisances sonores sont à mettre en œuvre. Le Ministère recommande également de définir la présence et l'abondance des mammifères marins (méthode des transects linéaires) ainsi que leur utilisation du site par détecteurs acoustiques de type C-POD.

## Récapitulatif des suivis

### Distribution et abondance

	Avant construction	Pendant construction	En fonctionnement
<b>But</b>	Inventaire des mammifères marins de la zone. Diagnostic de l'intérêt écologique de la zone pour les mammifères marins	Suivis des impacts des activités de construction sur l'abondance et l'utilisation de l'habitat des mammifères marins de la zone.	Suivis des impacts des activités de fonctionnement sur l'abondance et l'utilisation de l'habitat des mammifères marins de la zone.
<b>Durée du suivi</b>	Au moins une année avant construction ( 2 si possible).	Toute la durée des travaux	2 à 3 ans après la fin des travaux.
<b>Fréquence du suivi</b>	Couverture de la totalité de l'année	Totalité de la phase de construction	Couverture de la totalité de l'année
<b>Méthodes de suivis</b>	Transects linéaires par avion et/ou par bateau (+ acoustique ?)		
<b>Résultats attendus</b>	Distribution des animaux sur la zone. Fréquentation saisonnière du site.	Impact sur la fréquentation par les mammifères marins	Retour ou non sur le site. Schéma saisonnier.

### Utilisation de l'habitat

	Avant construction	Pendant construction	En fonctionnement
<b>But</b>	Occurrence, temps passé dans la zone de projet. Schéma saisonnier de fréquentation.	Occurrence et temps passé dans la zone pendant la construction.	Occurrence et temps passé dans la zone pendant le fonctionnement des éoliennes.
<b>Durée du suivi</b>	1 à 2 ans avant le début des travaux	Toute la durée des travaux	Minimum 3 ans, à maintenir au-delà si possible
<b>Fréquence du suivi</b>	Couverture de la totalité de l'année	Totalité de la phase de construction	Totalité de l'année
<b>Méthode de suivi</b>		Acoustique passive	
<b>Résultats attendus</b>	Utilisation de l'habitat (cycle journalier, saisonnier)	Impact des travaux sur l'utilisation et la fréquentation du site.	Fréquentation et utilisation de l'habitat.

(adapté d'après BSH, 2003 ; MEEDDM, 2010)



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- BAILEY, H., SENIOR, B., SIMMONS, D., RUSIN, J., PICKEN, G. & THOMPSON, P.M. 2010. Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 60 : 888-897.
- BLEW, J., DIEDERICHS, A., GRÜNKORN, T., HOFFMANN, M. & NEHLS, G. 2006. Investigations of the bird collision risk and the responses of harbour porpoises in the offshore wind farms Horns Rev, North Sea, and Nysted, Baltic Sea, in Denmark. Status report 2005, 166p.
- BRANDT, M., DIEDERICHS, A., HONNEF, C. & NEHLS, G. 2009. The effect of pile driving activities on the distribution patterns of harbour porpoises in the North Sea. 23<sup>rd</sup> Annual Conference of the European Cetacean Society 2009, Istanbul (Turkey).
- BSH. 2003. Standards for Environmental Impact Assessments of Offshore wind turbines on the environment. Hamburg and Rostock, 55p.
- CARLSTRÖM, J., BERGGREN, P. & TREGENZA, N.J.C. 2009. Spatial and temporal impact of pingers on porpoises, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 66 : 72-82.
- CARSTENSEN, J., HENRIKSEN, O.D. & TEILMANN, J. 2006. Impacts of offshore wind farm construction on harbour porpoises: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs). *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 321: 295–308.
- CLERMONT EDREN, S.M., TEILMANN, J., DIETZ, R. & CARSTENSEN, J. 2004. Effect from the construction of Nysted Offshore Wind Farm on seals in Rødsand seal sanctuary based on remote video monitoring. Technical report to Energi E2 A/S, 33p.
- CONNEL, S.D. 2001. Urban structures as marine habitats: an experimental comparison of the composition and abundance of subtidal epibiota among pillings, pontoons and rocky reefs. *Marine Environmental Research*, Vol. 52, 115-125.
- DAVID, J.A. 2006. Likely sensitivity of bottlenose dolphins to pile-driving noise. *Water and Environment Journal*, Vol. 20 : 48-54.
- DIEDERICHS, A., NEHLS, G., DÄHNE, M., ADLER S., KOSCHINSKI, S. & VERFUSS, U. 2008. Methodologies for measuring and assessing potential changes in marine mammal behavior, abundance or distribution arising from the construction, operation and decommissioning of offshore windfarms. Commissioned by COWRIE Ltd, 90p.
- DIETZ, R., TEILMANN, J., HENRIKSEN, O.D. & LAIDRE, K. 2001. Satellite tracking as a tool to study potential effects of offshore wind farm on seals at Rødsand. Technical report, 45p.
- DOLMAN, S.J., SIMMONDS, M.P. & KEITH., S. 2003. Marine wind farms and cetaceans. Paper SC/55/E4 presented to the IWC Scientific Committee, June 2003, Berlin (Germany), 18p.
- DOLMAN, S. & Simmonds, M. 2010. Towards best environmental practice for cetacean conservation in developing Scotland's marine renewable energy. *Marine Policy*, Vol. 34 : 1021-1027.
- ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT. 2000. Investigation of marine mammals in relation to the establishment of a marine wind farm on Horns Reef, Summary of the EIA Report, 17p.
- EVANS, P. G. H. 2008. Offshore wind farms and marine mammals: impacts & methodologies for assessing impacts, Proceedings of the ASCOBANS/ECS workshop), ECS special publication series no. 49 : 68p.



- FERRER COSTA, A. 2005. Environmental effects of wind farm developments and their implications for harbour porpoise conservation in UK waters. Mémoire de master, Cranfield University, 73p..
- GILL, A.B. 2005. Offshore renewable energy : ecological implications of generating electricity in the coastal zone. *Journal of Applied Ecology*, Vol. 42 : 605-615.
- GORDON, J., THOMPSON, D., GILLEPSIE, D., LONERGAN, M., CALDERAN, S., JAFFREY, B. & TODD, V. 2007. Assessment of the potential for acoustic deterrents to mitigate the impact on marine mammals of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. SMRU Ltd and COWRIE Ltd, 82p.
- HENRIKSEN, O.D., CARSTENSEN, J., TOUGAARD, J. & TEILMANN, J. 2004. Effects of the Nysted Offshore Wind Farm construction on harbour porpoises. Annual status report for the acoustic T-POD monitoring programme during 2003. Technical Report to Energi E2 A/S, 33p.
- HILDEBRAND, J. 2005. Impacts of Anthropogenic Sound In Marine Mammal Research, Conservation beyond Crisis, eds Reynolds, J.E., Perrin, W.F., Reeves, R.R., Montgomery, S. & Ragen, T.J. The Johns Hopkins University Press : 101-123.
- INGER, I., ATTRILL, M.J., BEARHOP, S., BRODERICK, A.C., GRECIAN, W.J., HODGSON, D.J., MILLS, C., SHEEHAN, E., VOTIER, S.C., WITT, M.J. & GOODLEY, B.J. 2009. Marine renewable energy : potential benefits to biodiversity ? An urgent call for research. *Journal of Applied Ecology*, Vol. 46 : 1145-1153.
- INTERNATIONAL WHALING COMMISSION. 2005. Report of the Scientific Committee. Annex K. Report of the standing Working Group on Environmental Concerns. *Journal of Cetacean Research and Management*. 7 : 267-307.
- JOINT NATURE CONSERVATION COMMITTEE. 2009. Statutory nature conservation agency protocol for minimising the risk of disturbance and injury to marine mammals from piling noise. Aberdeen, UK. 12p.
- KOSCHINSKI, S., CULIK, B.M., HENRIKSEN, O.D., TREGENZA, N., ELLIS, G., JANSEN, C. & KATHE G. 2003. Behavioural reactions of free-ranging porpoises and seals to the noise of a simulated 2 MW windpower generator. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 265: 263–273.
- LOUIS, M. 2010. Dynamique de population et structure sociale du grand dauphin, *Tursiops truncatus*, en Normandie. Mémoire de Master 2 Approche Intégrées des Ecosystèmes Littoraux, Université de La Rochelle, 45p.
- MADSEN, P.T., WAHLBERG, M., TOUGAARD, J., LUCKE, K. & TYACK, P. 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals : implications of current knowledge and data needs. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 309 : 279-295.
- MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat. 2010. Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, actualisation 2010, 191p.
- NEHLS, G., BETKE, K., ECKELMANN, S. & ROS. M. 2007. Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. BioConsult SH, Husum, Germany. On behalf of COWRIE Ltd, 55p.
- NOWACEK, D. P., THORNE, L. H., JOHNSTON, D. W. & TYACK, P. L. 2007. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*, Vol. 37(2) : 81-115.
- OSPAR COMMISSION, 2007. Draft Guidance of Assessments of the Environmental Impacts of, and Best Environmental Practice for, Offshore Wind Farms in relation to Operation, Presented by Denmark. Meeting of the Biodiversity Committee. Brussels, 26-30 mars 2007.

- PAGE, H.M., DUGAN, J.E., CULVER, C.S. & HOESTEREY, J.C. 2006. Exotic invertebrate species on offshore oil platforms. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 325 : 101–107.
- PELTIER, H. 2007. Améliorer la valeur d’observatoire des données d’échouages de mammifères marins: Déterminer les taux de dérive et de découverte des cadavres de petits cétacés. Mémoire de master 2 recherche, Université de La Rochelle. 50p.
- RICHARDSON, W.J., GREENE, C.R.G. JR., MALME, C.I. & THOMSON, D.H. 1995. *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, San Diego, 576p.
- SCHEIDAT, M., TOUGAARD, J., BRASSEUR, S., CARSTENSEN, J., VAN POLANEN PETEL, T., TEILMANN, J. & REIJNDERS, P. 2011. Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and wind farms : a case study in the Dutch North Sea, *Environmental Research Letters*, Vol. 6 : 1-10.
- TEILMAN, J., TOUGAARD, J. & CARSTENSEN, J. 2006b. *Marine Mammals : Seals and Porpoises react differently In Danish offshore wind : Key Environmental Issues*, eds. DONG Energy, Vattenfall, The Danish Energy Authority, The Danish Forest and Nature Agency. Operate A/S : 80-93.
- TEILMANN, J., TOUGAARD, J. & CARSTENSEN, J. 2006a. Summary on harbour porpoise monitoring 1999-2006 around Nysted and Horns Rev Offshore Wind Farms. Report to Energi E2 A/S and Vattenfall A/S, 14p.
- THOMPSON, P.M., LUSSEAU, D., BARTON, T., SIMMONS, D., RUSIN, J., & BAILEY, H. 2010. Assessing the responses of coastal cetaceans to the construction of offshore wind turbines. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 60 : 1200-1208.
- THOMSEN, F., LÜDEMANN, K., KAFEMANN, R. & PIPER, W. 2006. Effects of offshore wind noise on marine mammals and fish, biola, Hamburg, Germany on behalf of COWRIE Ltd.
- TOUGAARD, J. & TEILMANN, J. 2005. Effects of the Horns Reef Wind Farm on harbour porpoises. Interim report to Elsam Engineering A/S for the harbour porpoise monitoring program 2004, 23p.
- TOUGAARD, J., TOUGAARD, S., CORDING JENSEN, R., JENSEN, T., TEILMANN, J., ADELUNG, D., LIEBSCH, N. & MÜLLER, G. 2006. Harbour seals on Horns Reef before, during and after construction of Horns Rev Offshore Wind Farm. Final report to Vattenfall A/S. *Biological Papers from the Fisheries and Maritime Museum No. 5*, 67p.
- VAN CANNEYT, O., COLLET, A., THIBEAUDEAU, A., LECOQ, K. & PONCELET E. 1998. Seasonal site fidelity of long-finned pilot whale (*Globicephala melas*) on the pertuis charentais (France, Bay of Biscay). *European Research on Cetacean*, Vol. 13 : 347-350.
- VAN CANNEYT, O., DABIN, W. & COLLET, A. 1998. Synthèse sur les mammifères marins échoués sur le littoral français de 1992 à 1996. Rapport CRMM pour le Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 18p.
- VAN CANNEYT, O., COLLET, A., LE COQ, K. & DABIN, W. 1998. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 1997. Rapport CRMM pour le Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 30p.
- VAN CANNEYT, O., LENIERE, A. & COLLET, A. 1999. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 1998. Rapport CRMM pour le Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 25p.
- VAN CANNEYT, O., HEINTZ, M. & PONCELET, E. 2000. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 1999. Rapport CRMM pour le Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 24p.

- VAN CANNEYT, O. 2001. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2000. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 26p.
- VAN CANNEYT, O., 2002. Structure bio-démographique de dauphin commun (*Delphinus delphis*) lors des échouages multiples sur la côte Atlantique française. Mise en évidence des captures accidentelles et effets démographiques potentiels. Mémoire de DEA, Université de La Rochelle. 42p.
- VAN CANNEYT, O. 2002. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2001. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 24p.
- VAN CANNEYT, O. & DOREMUS, G. 2003. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2002. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 28p.
- VAN CANNEYT, O., KOSTECKI, C. & DOREMUS, G. 2004. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2003. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 39p.
- VAN CANNEYT, O. 2005. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2004. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 47p.
- VAN CANNEYT, O. & PELTIER, H. 2006. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2005. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 40p.
- VAN CANNEYT, O. & CHAUVEL, C. 2007. Les échouages de mammifères marins sur le littoral français en 2006. Rapport CRMM pour le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Nature et des Paysages, Programme Observatoire du Patrimoine Naturel : 47p.
- VELLA, G., RUSHFORTH, I., MASON, E., HOUGH, A., ENGLAND, R., STYLES, P., HOLT, T. & THORNE, P. 2001. Environmental Impact Assessment Investigation of marine mammals in relation to the establishment of a marine wind farm on Horns Reef, 107p.
- VINCENT, C. 2001. Bases écologiques de la conservation du phoque gris, *Halichoerus grypus*, en mer d'Iroise. Mémoire de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 215p.
- WALKER, M.M. 2002. Biomagnetism. In Encyclopedia of marine mammals, eds Perrin, W.F., Würsig, B. & Theewissen, J.G.M., Academic Press : 104-105.
- WÜRSIG, B., GREENE, C.R., & JEFFERSON, T.A. 2000. Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. Marine Environmental Research, Vol. 49 : 79-93.
- WILHELMSSON, D., MALM, T., THOMPSON, R., TCHOU, J., SARANTAKOS, G., MCCORMICK, N., LUITJENS, S., GULLSTRÖM, M., PATTERSON EDWARDS, J.K., AMIR, O. AND DUBI, A. (eds.).2010. Greening Blue Energy: *Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of off shore renewable energy*, Gland, Switzerland. IUCN. 102p.